



Uniwersytet
Gdański



Katedra Analizy Środowiska

**Instrukcja do ćwiczeń laboratoryjnych
z Chemii Żywności**

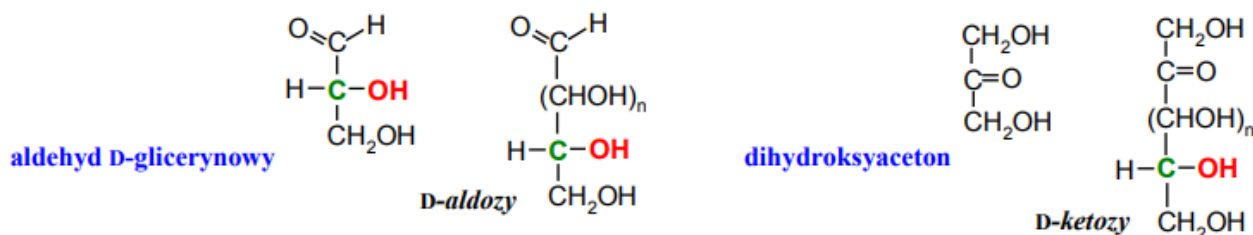
Ćwiczenie 2

Struktura, właściwości i wykrywanie cukrów

Gdańsk, 2024

1. Wprowadzenie – część teoretyczna

Węglowodany, popularnie zwane cukrami lub sacharydami to kluczowa klasa składników odżywczych, pełniących funkcję podstawowego źródła energii. Pod względem chemicznym zaliczane są do grupy polihydroksyaldehydów lub polihydroksyketonów, bądź też pochodnych tych związków. Związkami o najmniejszej masie cząsteczkowej, które spełniają tę definicję to aldehyd glicerynowy i dihydroksyaceton.

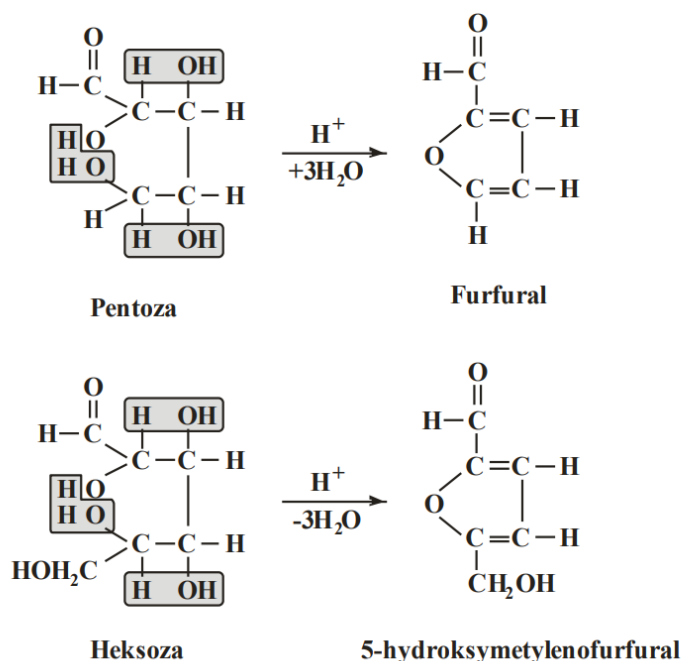


Cukry występują w każdym żywym organizmie, zarówno roślinnym, jak i zwierzęcym.

1.1 Metody wykrywania sacharydów

Metody identyfikacji cukrów oparte są na ich właściwościach:

- Heksozy i pentozy pod wpływem stężonych kwasów ulegają **odwodnieniu** do cyklicznych aldehydów – **hydroksymetylofurfuralu** lub **furfuralu**, które następnie ulegają kondensacji z fenolami lub aminami dając barwne pochodne:

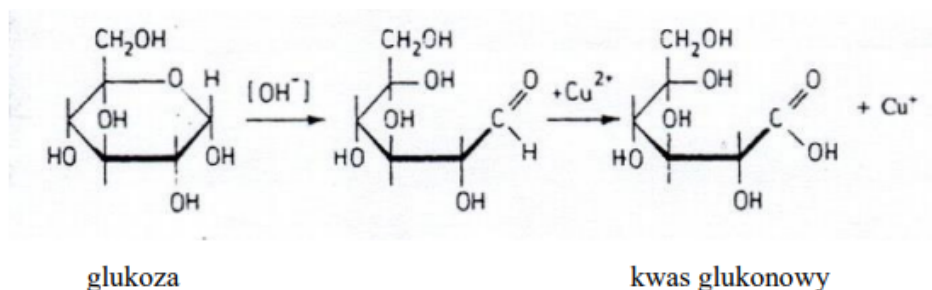




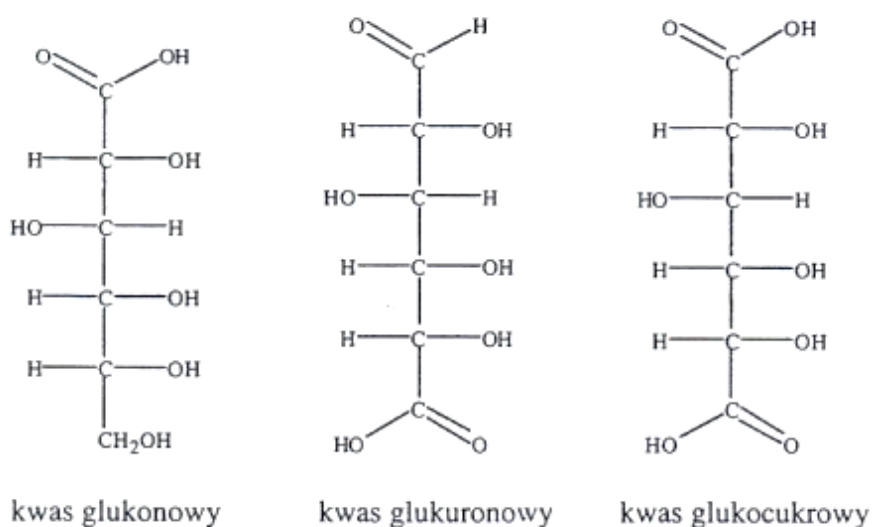
Analiza Żywności

2. Struktura, właściwości i wykrywanie cukrów

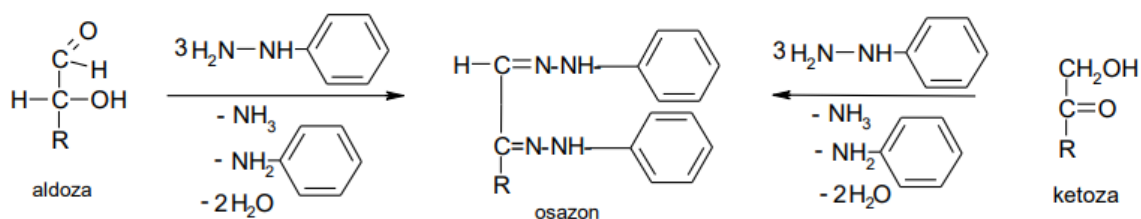
- W **środkowisku zasadowym** łańcuchowe formy cukrów z wolną grupą aldehydową wykazują **właściwości redukcyjne**, przy czym same **utleniają się do kwasów**:



- Produktami **utlenienia cukrów** są: kwasy onowe, kwasy uronowe i kwasy cukrowe:



- Cukry z **wolną grupą karbonylową** reagują również z **fenylohydrazyną** tworząc **osazony** wykazujące charakterystyczną dla danego cukru postać krystaliczną oraz temperaturę topnienia.

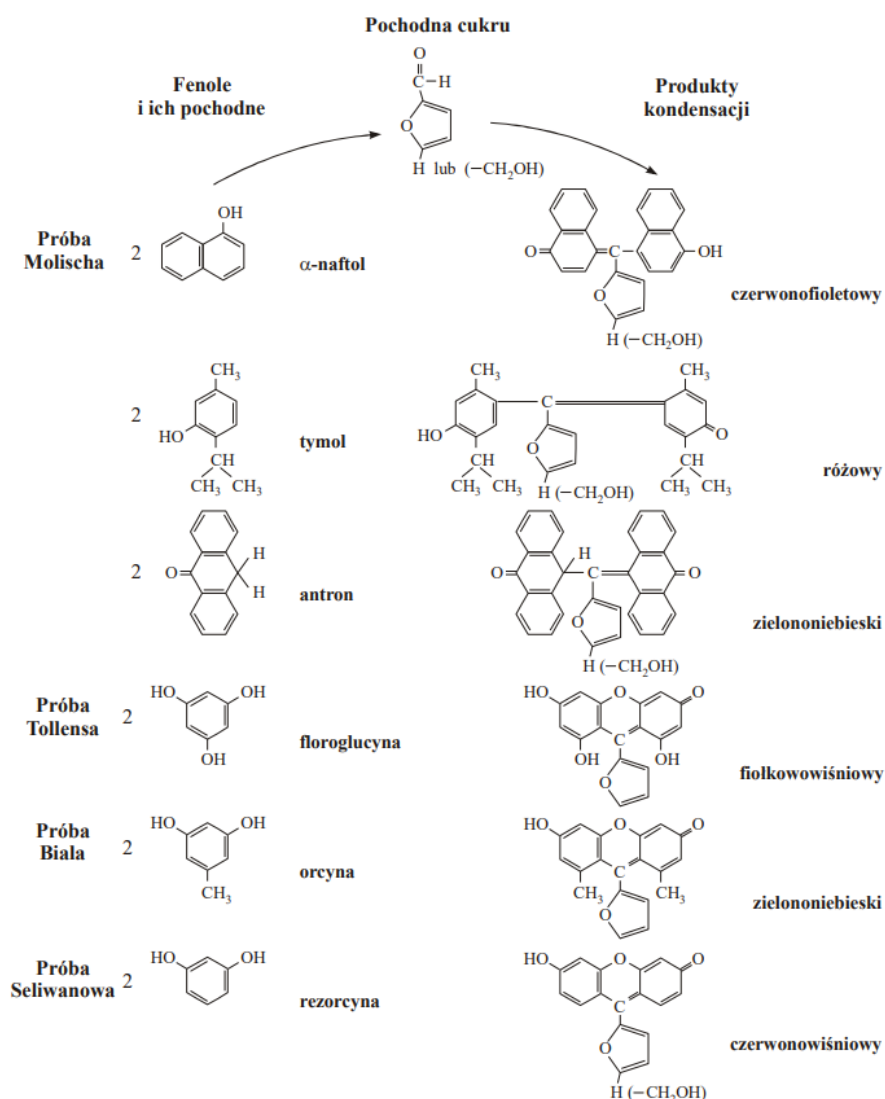


- Polisacharydy wykazują zdolność **adsorbowania cząsteczek jodu (J_2)**, w wyniku czego powstają barwne kompleksy o różnym zabarwieniu (granatowe, brunatne, czerwono fioletowe).

1.1.1 Reakcje charakterystyczne

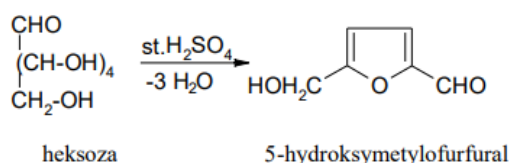
Ogrzewanie monosacharydów ze stężonymi kwasami (siarkowym, solnym) powoduje ich odwodnienie. Pentozy przekształcają się w furfural, a heksozy w 5-hydroksymetylenofurfural. Najłatwiej odwodnieniu ulegają pentozy, a wśród heksoz - ketozy. Dwucukry reagują wolniej niż monosacharydy, a szybciej niż wielocukry. Powstające heterocykliczne aldehydy reagując z różnymi fenolami (naftolem, tymolem, rezorcyną) tworzą barwne produkty.

Przykłady produktów kondensacji fenoli z furfurałem lub 5-hydroksymetylenofurfurałem:

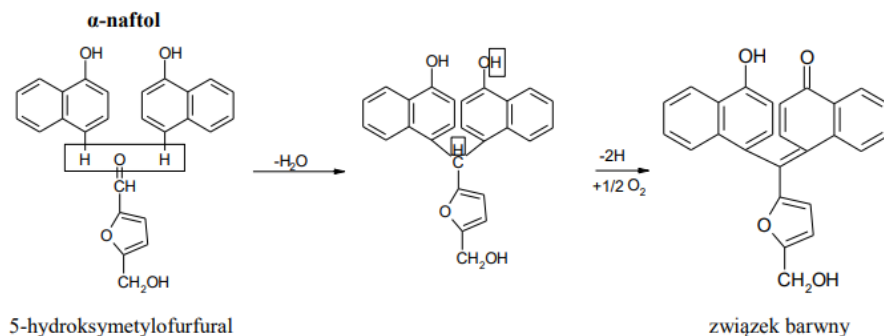


Próba Molischa z α -naftolem - odróżnianie cukrowców od innych związków organicznych

Jest to najbardziej ogólna reakcja na cukrowce, tak wolne jak i związane. Cukrowce pod wpływem stężonego kwasu siarkowego ulegają odwodnieniu, a produkty odwodnienia (furfural, hydroksymetylofurfural) tworzą z fenolami barwne produkty. **W przypadku kondensacji z α -naftolem jest to produkt o barwie fioletowej.** Ujemny wynik reakcji Molischa wyklucza obecność cukrowca, dodatni zaś nie wystarcza do stwierdzenia jego obecności, gdyż dodatnią reakcję dają także aldehydy, aceton, kwas szczawiowy, cytrynowy. W reakcji Molischa heksoza przechodzi w pochodną furfuralu – 5-hydroksymetylo-furfural, a następnie w kwas lewulinowy:

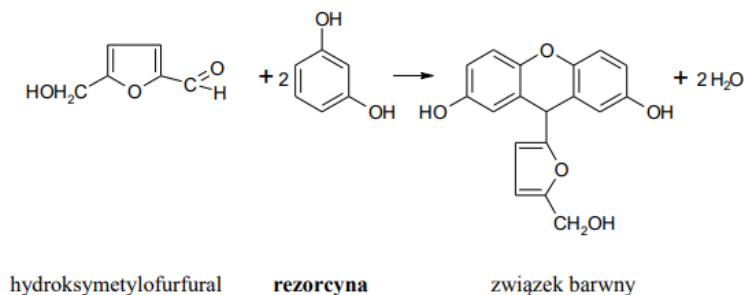


Oba te związki tworzą z α -naftolem barwne połączenie:



Próba Seliwanowa z rezorcyną - odróżnianie ketoz od aldoz

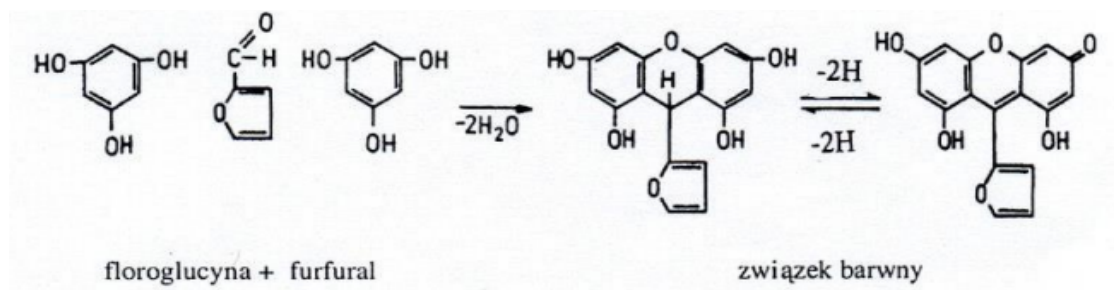
Pod wpływem kwasu solnego z ketoz i aldoz powstaje hydroksymetylofurfural, który reaguje z rezorcyną, dając barwny związek. jednakże ketozy znacznie łatwiej ulegają tej reakcji niż aldozy. **Podczas ogrzewania z rozcieńczonym HCl, w temperaturze 100°C, w ciągu 30 sekund ulegają odwodnieniu wyłącznie ketozy. Powstaje wówczas czerwono-łososiowe zabarwienie.**



Po dłuższym okresie ogrzewania następuje izomeryzacja aldoz na ketozy i wynik będzie również dodatni.

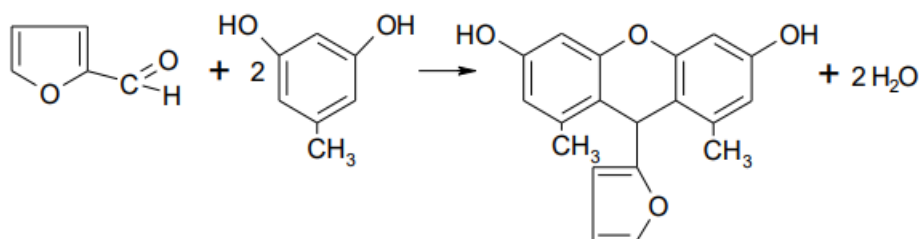
Próba Tollensa z floroglucyną na pentozy

Wskutek działania kwasu chlorowodorowego na pentozy powstaje furfural, który tworzy z floroglucyną związek o barwie wiśniowej.



Próba Biała - odróżnienie pentoz od heksoz

Pod wpływem ogrzewania z kwasem solnym z pentoz powstaje furfural, który reaguje z orciną tworząc kompleks o **zielonym zabarwieniu**. Natomiast heksozy tworzą z orciną żółto-brązowy produkt.



Próba Lugola - wykrywanie polisacharydów

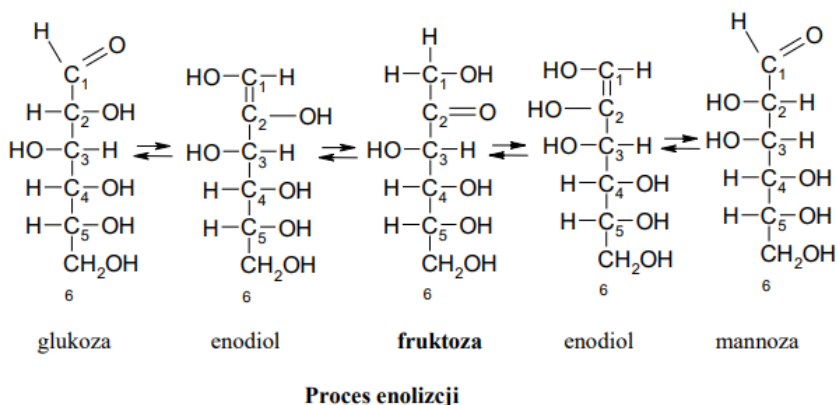
Reakcja ta pozwala na odróżnienie polisacharydów od innych cukrowców, ponieważ kompleksy z jodem mogą tworzyć tylko cząsteczki o uporządkowanej strukturze i odpowiednio duże. Adsorpcja ma charakter kanałowy, tzn. cząsteczki jodu wchodzi do kanału utworzonego przez spiralnie skręcone łańcuchy skrobi. Cząsteczki jodu w obrębie spirali skrobi tworzą prosty łańcuch, wzdłuż którego mogą przemieszczać się elektrony, co powoduje pochłanianie światła przez cały kompleks. Efekt barwny jest związany z wielkością cząsteczki – im większa cząsteczka polisacharydu tym więcej cząsteczek jodu jest związanych w kompleksie. Amyloza barwi się intensywnie na kolor ciemnoniebieski. Barwa kompleksów jodu z polisacharydami o krótszych łańcuchach zmienia się na fioletowo-czerwoną (amylopektyna) i czerwoną (dekstryny). Glikogen daje kompleks o barwie czerwonej.

1.2. Struktura i właściwości fizykochemiczne węglowodanów

Struktura i właściwości fizykochemiczne sacharydów opisane są w pozycji 3 i 5 spisu literatury.

1.2.1. Własności redukujące cukrów

Do występowania właściwości redukujących cukrów konieczna jest wolna (niezablokowana) grupa aldehydowa lub ketonowa w cząsteczce cukru. Wszystkie cukry proste redukują wodorotlenki metali (próba Trommera, próba z odczynnikiem Fehlinga) lub tlenki metali (próba Tollensa). Fruktaza, mimo że nie zawiera grupy aldehydowej daje pozytywny wynik reakcji Tollensa, Trommera i Fehlinga, ponieważ w środowisku zasadowym ulega enolizacji do aldol.



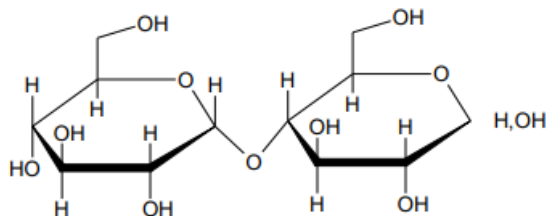
1.2.2. Disacharydy redukujące i nieredukujące. Inwersja sacharozy

Disacharydy powstają w wyniku polikondensacji między identycznymi monosacharydami lub różnymi cukrami prostymi. Połączenie dwóch monoz polega na wytworzeniu mostka tlenowego powstałego z grupy hydroksylowej przy węglu anomerycznym jednej cząsteczki cukru i z grupy wodorotlenowej drugiej cząsteczki z wydzieleniem wody. W zależności od sposobu połączenia ze sobą cząsteczek monosacharydów rozróżnia się dwucukry redukujące i dwucukry nieredukujące.

Disacharydy redukujące

W cukrach redukujących wiązanie acetalowe dwóch cukrów prostych tworzy się z grupy –OH hemiacetalowej i z grupy –OH niehemiacetalowej. Najczęściej są to wiązania pomiędzy pierwszym atomem węgla jednej cząsteczki, a czwartym atomem węgla drugiej cząsteczki. Czasami tworzy się wiązanie 1,6-glikozydowe. W zależności od położenia grupy –OH hemiacetalowej wyróżnia się wiązania α -1,4; β -1,4; α -1,6; β -1,6-glikozydowe. Przykładami cukrów redukujących są maltoza, celobioza i laktoza. Wszystkie te cukry mają ten sam wzór sumaryczny $C_{12}H_{22}O_{11}$, jednak zbudowane są z innych monoz.

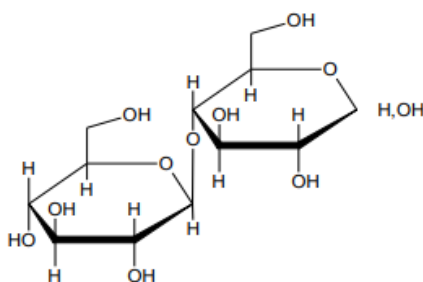
Maltoza (α -D-glukopiranozylo-1,4-D-glukopiranoza) zbudowana jest z dwóch cząsteczek D-glukopiranozy za pomocą wiązania α -1,4- glikozydowego.



Maltoza

Maltozę można otrzymać jako jeden z produktów częściowej hydrolizy skrobi w wodnym roztworze kwasu. Tworzy się również w jednym z etapów procesu fermentacji skrobi do alkoholu etylowego. Hydroliza skrobi do maltozy jest katalizowana przez diastazę enzym znajdujący się w słodzie (kiełkującym jęczmieniu). Ponieważ w wiązaniu glikozydowym nie bierze udziału grupa $-OH$ hemiacetalowa drugiej cząsteczki α -D-glukopiranozy, maltoza może przejść w formę aldehydową. W związku z tym maltoza daje pozytywny wynik próby Tollensa, Trommera i Fehlinga. Ulega mutarotacji, podczas której tworzy się mieszanina anomerów α i β .

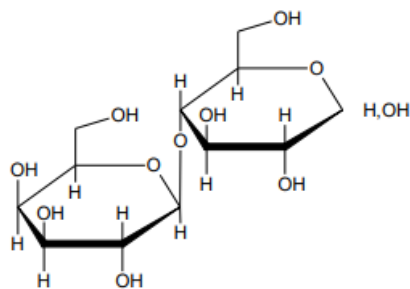
Celobioza (β -D-glukopiranozylo-1,4-D-glukopiranoza) zbudowana jest z dwóch cząsteczek D-glukopiranozy połączonych wiązaniem β -1,4-glikozydowym.



Celobioza

Celobioza różni się od maltozy tym, że jednostki D-glukozowe połączone są ze sobą wiązaniem beta, a nie wiązaniem alfa. Celobioza ulega hydrolizie pod wpływem enzymu emulsyny, dając glukozę. Występuje w produktach enzymatycznej hydrolizy celulozy.

Laktoza (β -D-galaktopiranozylo-1,4-D-glukopiranoza) zbudowana jest z β -D-galaktopiranozy i D-glukopiranozy połączonych wiązaniem β -1,4-glikozydowym.



Laktoza

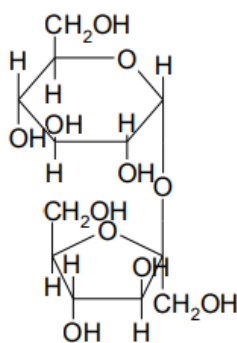
Laktoza stanowi około 5% mleka krowiego, a także ludzkiego. Do celów handlowych otrzymuje się laktozę jako produkt uboczny przy produkcji sera, gdyż jej obecność stwierdzono w serwatce – wodnym roztworze pozostałym po koagulacji białek zawartych w mleku. Mleko kwaśnieje wówczas, gdy laktoza przekształca się w kwas mlekowy (o smaku kwaśnym, tak jak inne kwasy) pod wpływem działania bakterii (np. *Lactobacillus bulgaricus*).

Roztwory laktozy posiadają właściwości redukujące, wykazują mutarotację, ale odmiana β jest lepiej rozpuszczalna w wodzie od α -laktozy.

Disacharydy nieredukujące

W przypadku połączenia się dwóch grup $-OH$ hemiacetalowych obu cukrów prostych, nie jest możliwe przejście do formy łańcuchowej. Nie wytwarza się wolna grupa aldehydowa lub ketonowa i taki dwucukier nie wykazuje właściwości redukujących. Cukry takie posiadają wiązania acetalowe między pierwszymi węglami aldoz lub pierwszym węglem aldozy a drugim ketozy.

Sacharoza (α -D-glukopiranozylo-1,2- β -D-fruktofuranoza) – zbudowana jest z α -D-glukopiranozy i β -D-fruktofuranozy połączone wiązaniem 1,2-glikozydowym.



Sacharoza

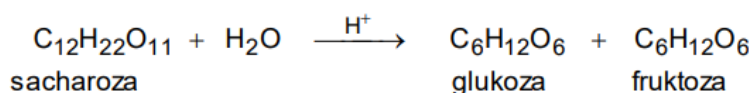
Sacharoza jest zwyczajnym cukrem stołowym, otrzymywanym z trzciny cukrowej lub buraków cukrowych. Ze wszystkich związków organicznych, produkowanych w stanie czystym, jest ona wytwarzana w największych ilościach.

Sacharoza nie redukuje odczynnika Tollensa, Trommera ani Fehlinga, nie jest ona cukrem redukującym i pod tym względem różni się od wyżej wymienionych disacharydów. Ponadto nie tworzy osazonu, nie istnieje w odmianach anomerycznych i nie wykazuje mutarotacji w roztworze. Oznacza to, że sacharoza nie zawiera „wolnej” grupy aldehydowej ani ketonowej.

Trehaloza – (α -D-glukopiranozylo-1,1- α -D-glukopiranoza) zbudowana jest z dwóch cząsteczek α -D-glukopiranozy za pomocą wiązania 1,1- glikozydowego. Występuje w drożdżach i grzybach; jest podstawowym cukrem w hemolimfie owadów. Nie wykazuje własności redukujących i nie tworzy osazonów.

Inwersja sacharozy

Reakcja inwersji sacharozy jest reakcją hydrolizy dwucukru na dwa monocukry: glukozę i fruktozę



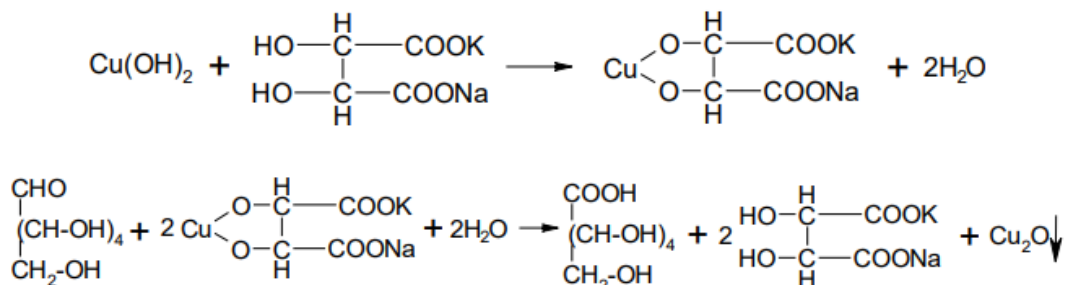
W środowisku kwaśnym sacharoza ulega hydrolizie. Postęp tej reakcji mierzy się ilością cukrów redukujących (glukozy + fruktozy) pojawiających się w czasie jej trwania. Hydrolizie towarzyszy zmiana znaku skręcalności z dodatniego na ujemny i dlatego proces ten nazywa się często inwersją sacharozy, a otrzymana lewoskrętna mieszanina D-glukozy i D-fruktozy nosi nazwę cukru inwertowanego (miód zawiera głównie cukier inwertowany; inwertazy dostarczają pszczoły). Podczas gdy sacharoza wykazuje skręcalność właściwą $+66,5^\circ$, a D-glukoza $+52,7^\circ$, D-fruktoza ma dużą ujemną skręcalność właściwą $-92,4^\circ$ i dlatego średnia wartość skręcalności właściwej mieszaniny jest ujemna. Ze względu na przeciwne znaki skręcalności D-glukozy i D-fruktozy oraz istotne znaczenie tych cukrów jako składników sacharozy, D-glukozę nazywa się powszechnie dekstrozą, a D-fruktozę lewulozą.

1.2.3. Odróżnianie cukrów redukujących od nieredukujących

Próba Fehlinga

Reakcja z odczynnikiem Fehlinga jest charakterystyczna wyłącznie dla aldehydów alifatycznych. Jeśli w badanej próbce obecna jest glukoza, niebieski siarczan miedziowy (II) zawarty w odczynniku jest redukowany do tlenku miedziawego (I), który wypada z roztworu w postaci żółtego czy czerwonego osadu.

Odczynnik Fehlinga składa się z dwóch oddzielnie przygotowanych i przechowywanych roztworów. Fehling I jest zakwaszonym roztworem wodnym siarczanu miedzi(II). Fehling II zawiera wodorotlenek sodu i winian sodowo-potasowy. Oba płyny miesza się bezpośrednio przed użyciem w równych objętościach otrzymując klarowny, lazurowy roztwór związku kompleksowego wodorotlenku miedzi(II) z winianem sodowo-potasowym, co zapobiega wytrącaniu się osadu $\text{Cu}(\text{OH})_2$ i maskowaniu końcowego produktu reakcji - czerwonego osadu Cu_2O . Dodany aldehyd ulega utlenieniu oddając elektrony, których akceptorem jest dwuwartościowa miedź. Kompleks miedzi z winianem po ogrzaniu rozpada się i powstaje czerwony osad tlenku miedzi(I).



Próba Trommera

Próbie redukcyjną $\text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Cu}^{1+}$ można wykonać także bez stosowania soli Seignetta (związku solubilizującego $\text{Cu}(\text{OH})_2$), gdyż sam cukier posiada kilka grup hydroksylowych, które mogą w podobny sposób solubilizować wodorotlenek miedzi. W próbie Trommera ważne jest dodanie tylko nieznacznej ilości roztworu CuSO_4 , aby nie przekroczyć molekularnego stosunku cukier: $\text{Cu}(\text{OH})_2$ (1:1) i wtedy otrzymuje się efekt próby identyczny, jak w próbie Fehlinga. Jeśli jednak roztwór CuSO_4 zostanie dodany w nadmiarze, to po ogrzaniu otrzymuje się czarny osad CuO , który będzie maskował powstały równoległy czerwony osad Cu_2O .

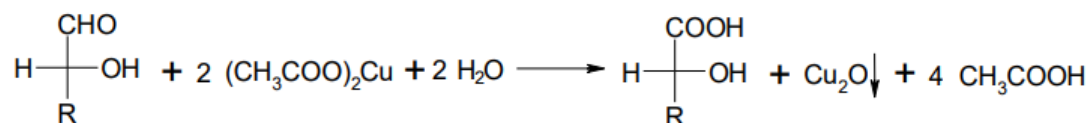
Próba Benedicta

W próbie tej wykorzystuje się właściwości redukujące niektórych cukrów wynikające z obecności wolnych grup karbonylowych. Ma to miejsce w przypadku wszystkich monosacharydów oraz tych dwucukrów, których grupy karbonylowe nie są zablokowane. Odczynnik Benedicta składa się z soli miedzi CuSO_4 , czynnika alkalizującego Na_2CO_3 oraz cytrynianu sodu. Środowisko zasadowe sprzyja otwarciu pierścienia cukrowca, a cytrynian zapobiega wypadaniu w wodzie wodorotlenku miedzi (II). W obecności cytrynianu tworzy się rozpuszczalny kompleks miedziowy, który ulega rozpadowi z wytworzeniem nierozpuszczalnego osadu tlenku miedzi (I). Osad ten posiada zabarwienie w zależności od wielkości jego cząstek. Najdrobniejsze cząsteczki dają barwę zielonożółtą, większe - pomarańczową, a największe - czerwoną. Na podstawie barwy wytworzonego osadu można ocenić orientacyjnie stężenie cukru w badanej próbce.

Barwa i osad	Przybliżona zawartość cukru [%]
zielona, bez osadu	0,1-0,3
zielona, osad	0,5
żółtozielona, osad	1
pomarańczowa, osad	1,5
czerwona, osad	> 2

Próba Benedicta należy do najbardziej specyficznych i czułych prób redukcyjnych na cukrowce. Jest to próba bardziej swoista od próby Fehlinga, gdyż związki redukujące odczynnik Fehlinga, jak: chloroform, kreatynina i kwas moczowy, nie redukują odczynnika Benedicta. Czułość próby jest dość duża. Już 0,1% stężenie cukrowca powoduje zmianę barwy z niebieskiej na zieloną. **Zielone zabarwienie jest wynikiem nakładania się pomarańczowej barwy zawiesiny Cu_2O z niebieskim zabarwieniem odczynnika.**

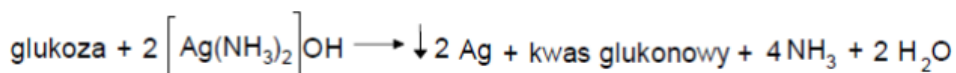
Próba Barfoeda



Próba ta jest modyfikacją reakcji Benedicta. Redukcję jonów miedziowych prowadzi się bowiem w środowisku lekko kwaśnym (rozcieńczony kwas mlekowy lub octowy). Reakcja ta

przebiega znacznie wolniej niż w środowisku zasadowym i jej szybkość jest różna dla cukrów prostych i dwucukrów redukujących. Grupa karbonylowa dwucukrów jest mało reaktywna i związki te ujawniają swój charakter redukujący dopiero po dłuższym ogrzewaniu (15 min.), gdy zajdzie ich hydroliza.

Próba Tollensa (próba lustra srebrowego)



Odczynnik Tollensa stanowi roztwór wodorotlenku diaminasrebra, który przygotowuje się bezpośrednio przed użyciem w czystej, dokładnie odtłuszczonej probówce. Do dokładnie odtłuszczonej probówki odmierza się 1 ml 0,1 M roztworu AgNO_3 i wkrapla ostrożnie 2 M roztwór amoniaku $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Najpierw powstaje zmętnienie i osad AgOH , który po dodaniu dalszych kropli roztworu amoniaku rozpuszcza się wskutek powstania związku kompleksowego $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$. Do przyrządzonego w ten sposób odczynnika dodaje się 8 kropli badanego roztworu (glukozy lub laktozy), miesza i ogrzewa na wrzącej łaźni wodnej lub w płomieniu palnika. Po pewnym czasie na ściankach probówki wydziela się metaliczne srebro w postaci lustra.



2. Część eksperymentalna

2.1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z wybranymi, charakterystycznymi reakcjami barwnymi służącymi do wykrywania obecności cukrów w produktach spożywczych oraz z wybranymi reakcjami umożliwiającymi odróżnienie cukrów prostych od cukrów złożonych i reakcjami służącymi do potwierdzania występowania właściwości redukujących cukrów prostych.

2.2. Wykrywanie cukrów – reakcja Molischa

Analizowane produkty spożywcze:

- Jabłko
- Gruszka
- Miód
- Mandarynka
- Mleko
- Ogórek

Odczynniki:

- Woda destylowana
- 10% Alkoholowy roztwór 2-naftolu
- Stężony kwas siarkowy (VI)

Sprzęt i akcesoria:

- 14 Probówek
- Statyw do probówek
- Moździerz
- Pipeta do kwasu 2 ml
- Pipety 1 ml do pobierania produktów żywności
- Pipeta 1 ml do wody
- Okulary ochronne
- Pipety Pasteura

Wykonanie:

- Produkty stałe (np. jabłko, gruszka) kolejno rozdrobnić w moździerzu, a otrzymaną miazgę zalać wodą destylowaną
- Otrzymane roztwory umieścić w probówkach (po około 1 ml)

- Próbkę miodu umieścić w probówce i rozpuścić w około 1 ml wody
- Z cytrusów wycisnąć sok (ok. 1 ml) bezpośrednio do probówek
- W kolejnych probówkach umieścić próbki ciekłych produktów (np. mleko) po ok. 1 ml
- Do tak przygotowanych roztworów badanych substancji dodać po kilka kropli 10% alkoholowego roztworu 2-naftolu
- Do każdej próbki ostrożnie wlać, po ściance probówki ok. 2 ml stężonego kwasu siarkowego (VI), tak aby ciecze nie zmieszały się ze sobą
- Obserwować zmiany. Obecność czerwono-fioletowego lub niebieskiego pierścienia w miejscu zetknięcia się warstw świadczy o obecności cukru w próbce.

2.3. Wykrywanie skrobi – reakcja z jodem w jodku potasu (płyn Lugola)

Analizowane produkty spożywcze:

- Ogórek
- Ziemniak
- Cebula
- Płatki owsiane
- Śmietana
- Mąka ziemniaczana

Odczynniki:

- Płyn Lugola 1% lub 5%

Sprzęt i akcesoria

- Probówki 8 x
- Nóż
- Moździerz

Wykonanie:

- Produkty stałe kolejno rozdrobnić w moździerzu i przenieść do osobnych probówek
- Probki ciekłe badanych produktów spożywczych umieścić w osobnych probówkach
- Nakropić na każdą badaną próbkę płyn Lugola
- Obserwować zachodzące zmiany.

Pojawienie się granatowego zabarwienia świadczy o obecności skrobi w próbce.

2.4. Odróżnianie cukrów redukujących i nieredukujących

Sprzęt i akcesoria:

- Probówki bez korka 16 x
- Łapa do probówek
- Pipeta 1 ml x 7
- Pipeta 2 ml x 2
- Pipeta 5 ml x 3
- Zlewka 2 x
- Wrząca łaźnia wodna

Odczynniki chemiczne:

- 10% roztwór glukozy
- 10 % roztwór sacharozy
- 10% roztwór laktozy
- 2% roztwór CuSO_4
- 2 M NaOH

2.4.1. Próba z odczynnikiem Tollensa (Ag^+ w wodnym roztworze amoniaku) zwana próbą lustra srebrnego

Przygotowanie odczynnika Tollensa:

1% roztworu azotanu (V) srebra

10% roztworu wodorotlenku sodu

15% roztworu wodnego amoniaku

Do dokładnie umytej i odtłuszczonej probówki wlać 5 ml roztworu azotanu (V) srebra, dodać jedną kroplę roztworu wodorotlenku sodu, a następnie, stale mieszając, wprowadzić kroplami roztwór amoniaku, aż do momentu rozpuszczenia się powstającego początkowo osadu.

Odczynnik przenieść do kolby stożkowej, zamknąć szczelnie korkiem i podpisać kolbę.

Wykonanie próby z odczynnikiem Tollensa:

1 ml odczynnika Tollensa wprowadzić do probówki, dodać 1 ml badanego cukru. Całość dokładnie wymieszać i ogrzewać około 5 minut we wrzącej łaźni wodnej. Osadzenie się wolnego srebra na ściankach probówki w postaci lustra potwierdza obecność cukru redukującego. Wykonać próbę dla:

a) 1 ml 10% roztworu glukozy,

b) 1 ml 10% roztworu sacharozy,

c) 1 ml 10% roztworu laktozy.

Uwaga: Próbką jest bardzo czuła, może dać wynik dodatni z roztworem sacharozy (dwucukier nieredukujący) skutkiem jej częściowej hydrolizy.

2.4.2. Próba z odczynnikiem Fehlinga

Z odczynnikami Fehlinga reagują zarówno cukry proste, jak i dwucukry o własnościach redukujących.

- Roztwory potrzebne do sporządzenia **odczynnika Fehlinga**:

- **Roztwór I** – rozcieńczony roztwór wodny CuSO_4 – (rozpuścić w wodzie destylowanej 34,65 g krystalicznego $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ i uzupełnić w kolbie miarowej do 500 ml);

- **Roztwór II** – alkaliczny roztwór wodny wianianu sodowo-potasowego (rozpuścić w wodzie 173 g wianianu sodu i potasu i 15 g NaOH, uzupełnić w kolbie miarowej do 500 ml);

Wykonanie:

- Do próbówki wprowadzić **0,5 ml roztworu Fehlinga I** (rozcieńczony roztwór wodny CuSO_4) oraz **0,5 ml roztworu Fehlinga II** (alkaliczny roztwór wodny wianianu sodowo-potasowego), wymieszać zawartość i dodać ok. 1 ml badanego cukru. Po doprowadzeniu do wrzenia wypada ceglasty osad Cu_2O , co świadczy o własnościach redukujących cukru. Wykonać próbę dla:

a) 1 ml 10% roztworu glukozy,

b) 1 ml 10% roztworu sacharozy,

c) 1 ml 10% roztworu laktozy

2.4.3. Próba z odczynnikiem Trommera

Wykonanie:

- Do około 2 ml badanego cukru dodać 3 krople 2% roztworu CuSO_4 i po dokładnym wymieszaniu wkraplać ostrożnie 2 ml 2 M roztwór NaOH. Następnie roztwór ogrzać do wrzenia. Wytrącenie się ceglatego osadu świadczy o obecności cukru redukującego. Wykonać próbę dla:

a) 10% roztworu glukozy,

b) 1 ml 10% roztworu sacharozy,

c) 1 ml 10% roztworu laktozy.

2.4.4. Odróżnianie redukujących cukrów prostych od dwucukrów redukujących - Próba Barfoeda

- **Odczynnik Barfoeda** (octan miedzi (II) $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ w rozcieńczonym kwasie octowym lub mlekowym)

Wykonanie:

- Do 1 ml badanego roztworu cukru dodać 2 ml odczynnika Barfoeda i ogrzewać we wrzącej łaźni wodnej przez 3 minuty. Jeżeli po tym czasie nie wytrącił się osad próbkę ponownie umieścić na łaźni wodnej i ogrzewać kolejnych 12 minut. Wykonać próbę dla:

- a) 1 ml 10% roztworu glukozy,
- b) 1 ml 10% roztworu sacharozy,
- c) 1 ml 10% roztworu laktozy.

- Pojawienie się czerwonego osadu Cu_2O w próbie po 3 min. ogrzewania potwierdza obecność monosacharydu, a gdy powstaje on po kilkunastu minutach dowodzi obecności disacharydu redukującego

Uwaga: Cukry proste reagują szybciej. Żaden dwucukier w tych warunkach (3 min) nie daje pozytywnej reakcji, bowiem wolna grupa karbonylowa w dwucukrach wykazuje małą reaktywność. Dopiero po dłuższym ogrzewaniu (15 min.), gdy zajdzie hydroliza disacharydu związki te ujawniają swój charakter redukujący.

3. OPRACOWANIE WYNIKÓW

1. Na podstawie obserwacji uzupełnić poniższe tabele:

Produkt spożywczy	Wykrywanie cukrów / polisacharydów			
	Reakcja Molischa		Reakcja z jodem	
	Obserwacje	Wniosek	Obserwacje	Wniosek
Jabłko				
Gruszka				
Miód				
Mandarynka				
Mleko				
Ogórek				
Ziemniak				
Cebula				
Płatki owsiane				
Śmietana				
Mąka ziemniaczana				

Reakcja charakterystyczna	Wykrywanie cukrów redukujących					
	Glukoza		Sacharoza		Laktoza	
	Obserwacje	Wnioski	Obserwacje	Wnioski	Obserwacje	Wnioski
Próba Tollensa						
Próba Fehlinga						
Próba Trommera						
Próba Barfoeda						

- Wyjaśnić różnice w obserwowanych reakcjach dla poszczególnych produktów spożywczych.
- Przedstawić równania reakcji odpowiadające wynikom pozytywnym.
- Przedyskutować uzyskane wyniki; określić, które składniki zawierają analizowane produkty spożywcze.

Sprawozdanie z ćwiczenia powinno zawierać:

- Stronę tytułową
- Cel i zakres ćwiczenia

- Schemat uwzględniający uproszczony przebieg wykonanych doświadczeń
- Otrzymane wyniki (tabela)
- Opis obserwacji dotyczący odróżniania cukrów redukujących i nieredukujących
- Opis obserwacji dotyczący odróżniania cukrów prostych od złożonych
- Opis obserwacji dotyczących badania właściwości redukujących cukrów prostych i cukrów złożonych (disacharydów), wyjaśnienie różnic w budowie i ich wpływu na zajście, bądź nie, przeprowadzonej reakcji chemicznej
- Dyskusję i wnioski

4. Literatura:

1. Analiza jakościowa cukrów. Dostęp on-line: <http://www.biol.umk.pl/materialy/os3.pdf> (dostęp 12.01.2016)
2. Górka Agata, Łobacz Marta, Ćwiczenia laboratoryjne z chemii żywności Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 2009.
3. Kołodziejczyk Aleksander, Naturalne związki organiczne. PWN, Warszawa, 2006
4. Koperwas Lidia, Reakcje wykorzystywane do wykrywania wybranych aminokwasów i białek. Dostęp on-line: <http://laboratoria.net/artykul/14248.html> (dostęp 12.01.2016).
5. Kumirska Jolanta, Gołębiowski Marek, Paszkiewicz Monika, Bychowska Anna, Analiza żywności, skrypt elektroniczny dla studentów Ochrony Środowiska Wydziału Chemii Uniwersytetu Gdańskiego, 2010, ISBN 978-83-7326-711-4, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2010.
6. Rutkowska Jarosława, Przewodnik do ćwiczeń z chemii żywności. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 2008.
7. Sikorski Zdzisław E. Chemia Żywności, Wyd. 6, WNT, Warszawa, 2012